

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ ЕГО В ТЕХНОЛОГИИ ПЕНОБЕТОНА

Мартынов В.И., Орлов Д.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры), Владимир Д.А. (ООО «Юган ОСН» г.Одесса), Дубовик Н., (ООО «Роскосметика», г.Николаев).

Представлен анализ эксперимента по определению характеристик пены из пенообразователя «Юган» и сравнение его с эталоном, а также изучалась влияние различных добавок стабилизаторов пены на её свойства.

Технологическая операция получения технической пены является одной из наиболее ответственных операций в технологии пенобетона. Поскольку от качества пены (ее устойчивости, «кратности», структуры и пр.) во многом зависят итоговые строительно-технические свойства пенобетона. Пригодность пены (пенообразователя) для получения качественного пенобетона определяется рядом показателей. В первую очередь пена должна быть устойчивой. Устойчивость пены во времени должна синхронизироваться с кинетикой набора прочности связующих веществ пенобетона. Косвенной характеристикой стабильности пены является ее водоудерживающая способность – синерезис. Синерезис пен оценивается количеством жидкости вытекающей из пены в единицу времени. Кратность пены (объем пены, получаемый из единицы объема пенообразователя), в зависимости от способа получения пенобетона изменяется от 5 до 20. На свойства пенобетона, в особенности теплотехнические свойства – теплопроводность, а также физико-механические свойства – прочность, морозостойкость, существенное влияние оказывает дисперсность пены – размер воздушных пузырьков. Кроме этих показателей пена должна обладать устойчивостью в цементном тесте, не оказывать существенного влияния на рост прочности вяжущих веществ, быть совместимой с химическими добавками, используемых в пенобетоне.

Пена представляет собой двухфазную систему, состоящую из жидкости и газа. Пену получают двумя способами – конденсационным и методом диспергирования.

Следует отметить, что процесс пенообразования сложен из-за совместного влияния многочисленных физико-химических, физико-технических и других факторов. Закономерности, которыми характеризуется процесс образования пены, существенно зависят от условий проведения конкретного технологического процесса.

На перечисленные выше свойства пен оказывают влияние такие факторы, как природа и концентрация ПАВ (поверхностно-активное вещество), вид и количество добавок стабилизаторов и минерализаторов пены, температура раствора ПО (пенообразователя), температура, влажность и давление окружающей среды, конструкция и параметры пеногенератора.

Учитывая требования к пенообразователям для пенобетона, а также факторы, влияющие на свойства пен в лаборатории кафедры ПСК Одесской государственной академии строительства и архитектуры были проведены научно-исследовательские работы по оценке качества и пригодности ПО, а также подбора добавок, улучшающих свойства ПО, представленного ООО «Юган».

Пенообразователь получали путем растворения в воде синтетического ПАВ, являющегося натриевой солью лаурилового спирта (структурная формула $R-SO_3-Na$). На внешний вид ПАВ представляет собой свободно текущие гранулы размером 0,5-2 мм. Растворы пенообразователя приготавливали различных концентраций.

Работа проводилась в несколько этапов.

1. Исследование характеристик, представленного ПО и сравнение их с эталонным ПО;
2. Подбор добавок стабилизаторов пены;
3. Оценка поведения, подобранных составов ПО в цементном тесте и в пенобетоне;
4. Исследование совместимости рекомендуемого состава ПО с химическими добавками, которые применяются в пенобетоне.
5. Производственная апробация результатов исследований.

Методика проведения испытаний.

1. Приготовление рабочего раствора пенообразователя.

Вначале приготавливали концентрированный раствор пенообразователя. Для чего сухой порошок ПО растворяли в горячей воде. Концентрация раствора составляла 15% (150 г ПО на 1000 г воды). Перед получением пены из концентрированного раствора готовили рабочий раствор ПО, разводя его водой до требуемой концентрации.

2. Приготовление пены.

Приготовление пены осуществляли в лабораторном пеногенераторе. Рабочий орган пеногенератора представляет собой вал, оснащенный четырьмя рамками, расположенными во взаимно перпендикулярных плоскостях. Рамки оборудованы металлической сеткой с размером ячейки 10x10 мм.

Скорость вращения лопастей пеногенератора - 240 об/мин.

Объем пеногенератора – 20 л.

Рабочий раствор пенообразователя заливали в пеногенератор.
Время приготовления пены - 5 минут.

3. Определение характеристик пены.

Плотность пены – это отношение массы пены к занимаемому ею объёму.

Для определения плотности пены, приготовленную пену помещали в сосуд с заранее известной массой и объёмом. После чего взвешивали сосуд с пеной на торговых весах. По результатам взвешивания рассчитывали плотность пены.

Кратность пены – это отношение объёма пены в литровом сосуде к массе одного литра пены.

Усадка – это снижение высоты столба пены во времени.

Для определения усадки и синерезиса брали два сосуда (рис.1) верхний из которых помещали внутрь меньшего. У сосуда с большим нижним диаметром на дне имеются отверстия диаметром 2 мм, для прохождения жидкости через них. Также к большому сосуду прикреплена измерительная линейка.

Величину усадки определяли через каждые 30 минут, в течение 120 минут, так как для пенобетона наиболее важна величина усадки через 120 минут (сопоставимо со сроками схватывания цементного теста).

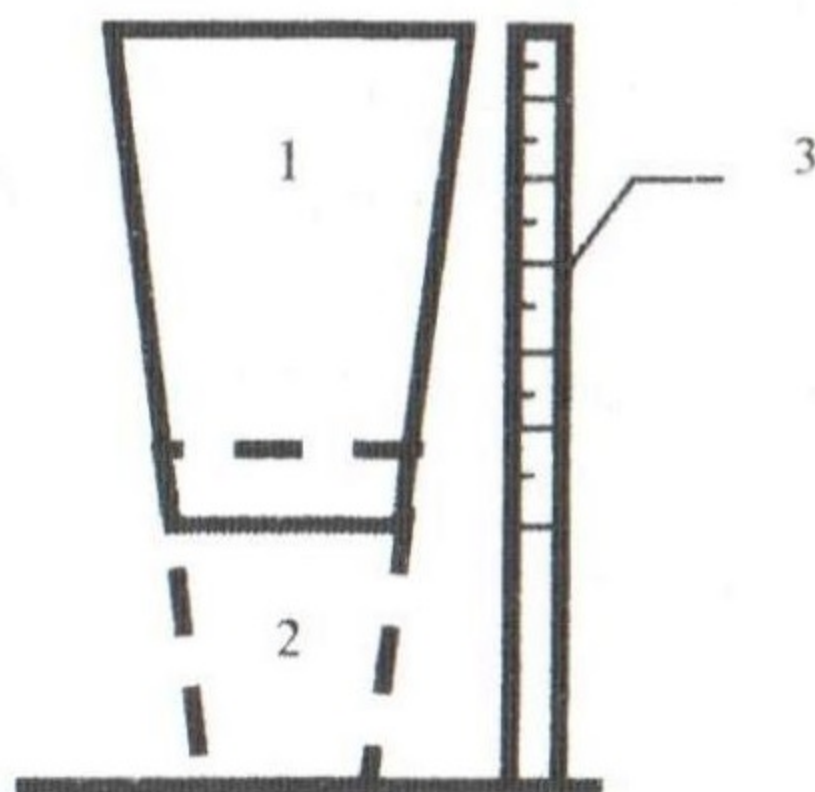


Рис 1.

1 - сосуд с отверстиями; 2 – приёмный сосуд, 3 – измерительная линейка.

Синерезис (водоотделение) – это количество жидкости в граммах выделившейся из пены за определенное время.

Величину синерезиса также как и усадку определяли через каждые 30 минут в течение 120 минут.

На первом этапе исследований определяли характеристики пены, полученной из ПО «Юган» в сопоставлении с «эталоном». За «эталон» был принят пенообразователь ПБ-2000 (г.Иваново, Россия), который синтезирован специально с целью применения его в пенобетоне и широко используется в настоящее время в технологии пенобетона.

Результаты приведены в таблице 1.

Характеристики пены	Наименование пенообразователей	
	ПБ - 2000	«Юган»
Плотность	29	38
Кратность	34	26

Результаты эксперимента по определению усадки и синерезиса приведены графически на рисунках 1 и 2.



Рис. 1



Рис. 2.

Из приведенных результатов следует, что пена, полученная из ПО «Юган» по своим характеристикам уступает «эталону».

На втором этапе экспериментальных работ исследовали влияние различных водорастворимых добавок стабилизаторов пены на ее свойства. В качестве добавок были исследованы: технический глицерин, сернокислый алюминий, костный клей, крахмал, канифоль, желатин, поливинилацетата (ПВА), карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), взятых в различном соотношении с ПАВ по сухому веществу, а также их комбинации. Результаты исследований для пенообразователя 1,5% водной концентрации с различными добавками приведены на рисунках 3 и 4. Плотность пены изменялась от 29 до 50 г/см³, что соответствует кратности пены – 20-34,5. Высокие значения кратности пены свидетельствуют о том, что впоследствии концентрацию рабочего раствора ПО можно снизить примерно в два раза..

Как видно из графиков наилучшими показателями характеризуется пена с добавкой карбоксиметилцеллюлозы – КМЦ. Но, учитывая экономические показатели, а также недостаточную устойчивость пены в цементном тесте от этой добавки пришлось отказаться. Также достаточной устойчивостью обладает пена с добавкой сернокислого алюминия ($AlSO_4 \cdot 18H_2O$), но она имеет меньшую водоудерживающую способность. Однако, этот показатель пены для пенобетона имеет меньшую значимость, чем устойчивость пены, поскольку, пена после приготовления сразу смешивается со строительным раствором. При этом мелкодисперсные частицы цемента исполняют роль минерализатора пены, повышая ее водоудерживающую способность и устойчивость.

На последующих этапах исследований применялся приготовленный в лабораторных условиях 15% концентрированный раствор ПАВ в сочетании с 15% раствором сернокислого глинозема.

На третьем этапе исследовали поведение пенообразователя «Юган» в цементном тесте, а также его влияние на прочность пенобетона. Для этого приготавливали пенобетон в следующей последовательности. Вначале готовили строительный раствор, состоящий из необходимого количества цемента, песка и воды и тщательно перемешивали его в лабораторной растворомешалке. Параллельно с этим в лабораторном пеногенераторе из рабочего раствора ПО «Юган», полученного из концентрированного раствора с водой в соотношении 1:20, получали пену. Далее пену подавали в растворосмеситель и смешивали ее со строительным раствором до получения пенобетонной массы. Пену добавляли в количестве, обеспечивающем получение пенобетона

плотностью в сухом состоянии 500 кг/м^3 . Полученную смесь заливали в формы, для получения образцов-кубов с размером грани 100мм. Испытывали образцы после 28-ми суток хранения в камере нормального твердения. Результаты испытаний в сравнении с «эталонном» приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты испытаний.

Наименование	Плотность в сухом состоянии, кг/м^3	Прочность, МПа	Влажность, %
Пенобетон на ПО «Юган»	515	1,25	14
Пенобетон на ПО «эталон»	505	1,2	13,2

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что пенообразователь «Юган» не оказывает отрицательного влияния на прочностные показатели пенобетона.

На четвертом этапе экспериментальных работ исследовали совместимость ПО «Юган» с химическими добавками. Наиболее распространенными добавками, применяемыми в технологии бетона, являются пластифицирующие добавки и добавки ускорители набора прочности. Пластифицирующие добавки (ПАВ) вводят в растворную смесь с целью снижения общего расхода воды, тем самым повышается прочность связующего вещества. Наиболее распространенные добавки пластификаторы – ССБ, СДБ, ЛСТ, «Дофен», суперпластификатор – С-3 и пр. Добавки ускорители твердения, в основном соли различных металлов (хлористый кальций, нитрат натрия, нитрат кальция, тринатрийфосфат и пр.) вступают в реакцию с минералами цемента, тем самым ускоряют набор прочности в ранние сроки твердения. Проверку совместимости ПО «Юган» с химдобавками осуществляли с комплексной добавкой системы «Релаксол-Универсал». Для этого в условиях ЧП «Шекмар» на промышленной установке приготавливали два состава пенобетона – без добавки и с добавкой. Количество добавки - 0,8% от массы цемента. Водопотребность растворной смеси была принята постоянной и составляла 280 мм диаметра расплыва раствора по вискозиметру Суттарда. Снижение общего расхода воды за счет пластификации на замес растворосмесителя составило 70 литров, или 22,5% от расхода воды в сравнении с составов в котором добавка не вводилась. После введения пены в раствор, визуально,

каких либо отрицательных воздействий добавки на пенобетонную смесь не отмечено. Пенобетонная смесь достаточно устойчивая, после разлива ее в формы осадки не происходит. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Таблица 3

Наименование показателей	Средняя плотность, кг/м ³		Прочность при сжатии, МПа		Влажность, %
	в сухом сост.	в состоянии естеств. влажности	в сухом сост.	в состоянии естеств. влажности	
Пенобетон без добавки	590	679	1.4	1.3	15
Пенобетон с добавкой «Релаксол»	605	678	2.1	2.3	12

Результаты, приведенные в таблице, свидетельствуют об эффективности использования химических добавок в пенобетоне, а также о совместимости пенообразователя «Юган» с химическими добавками.

Производственную проверку (5-й этап) результатов исследований производили на трех предприятиях ЗАО «ПИК», ЧП «Шекмар», ООО «СКОП», отличающимися способами производства пенобетона и типами пеногенераторов. Для проверки приготавливали 15%-ный водный раствор ПАВ пенообразователя «Юган», в котором дополнительно растворяли 100 граммов сернокислого алюминия (10%-ный водный раствор).

На ЗАО «ПИК» пенобетон приготавливают по традиционной раздельной технологии с применением пеногенератора механического типа. Рабочий раствор пенообразователя в соотношении 1л ПО «Юган» на 50 л воды заливали непосредственно в емкость пеногенератора, после чего включали привод рабочего органа пеногенератора. Пена получается в результате механического «взбивания». В результате этого из 50 литров рабочего раствора ПО получено 1-1,2 м³ пены, плотностью 50кг/м³. После этого пена подавалась в растворомешалку, где уже был приготовлен строительный раствор. Пена проявила хорошую устойчивость и

пенобетонной смеси, осадки не наблюдалось. Визуально отмечен более быстрый набор разопалубочной прочности пенобетона по сравнению с пенобетоном, получаемым на ранее применяемом, на ЗАО «ПИК» пенообразователе ПБН (протеиновый).

На ЧП «Шекмар» пенобетон приготавливают также по традиционной отдельной технологии, но с использованием пеногенератора в котором струя рабочего раствора ПО при помощи сжатого воздуха пропускается сквозь сетчатую преграду. Таким образом, пена подается в растворосмеситель непрерывно в течение 10-15 минут. В процессе подачи, пена в несколько приемов смешивается с раствором. Рабочий раствор пенообразователя также приготавливали в соотношении ПО «Юган»: вода – 1:50. Средняя плотность полученной пены составляла 30 кг/м³. Результаты приведены в описании четвертого этапа работ.

На ООО «СКОП» пенобетон приготавливают способом «сухой минерализации» пены. Данный способ предусматривает применение пен низкой кратности (5-7), плотностью 150-200 кг/м³. Этот способ не предусматривает приготовления строительного раствора. Пенобетон получают в один прием, путем одновременной подачи пены и сухих компонентов (цемент + песок) при постоянном их перемешивании. Полученная пенобетонная масса по трубопроводу при помощи сжатого воздуха распределяется в формы. Через 5-10 минут после выгрузки пенобетонной массы в формы происходило бурное «схлопывание» пузырьков воздуха и осадка пенобетона. Улучшить ситуацию технологическими приемами, такими как: повышение концентрации раствора пенообразователя, повышение плотности пенобетонной смеси, удлинение длительности перемешивания не удалось. Поэтому, до выяснения и устранения причины неустойчивости пены, от применения ПО «Юган» в установках работающих по принципу «сухой минерализации» пены следует воздержаться.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Техническая пена, получаемая из пенообразователя «Юган» без стабилизирующих добавок по своим характеристикам уступает пене, полученной из пенообразователя ПБ-2000.
2. Наилучшими показателями характеризуется пена, полученная из ПО «Юган» с добавкой карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ).
3. Пена, получаемая из ПО «Юган» с добавкой КМЦ неустойчива в цементном тесте.

4. Наибольшей устойчивостью (после КМЦ) обладает пена, полученная из ПО «Юган» с добавкой сернокислого алюминия ($\text{AlSO}_4 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$).

5. Пенообразователь «Юган» с добавкой стабилизатором пены в виде сернокислого алюминия позволяет получать техническую пену приемлемой устойчивости на любых типах пеногенераторов, используемых в установках по производству пенобетона.

6. Пенообразователь «Юган» с добавкой стабилизатором пены в виде сернокислого алюминия совместим с химическими добавками, применяемыми в технологии пенобетона.

7. Пенообразователь «Юган» с добавкой стабилизатором пены в виде сернокислого алюминия не следует применять для производства пенобетона в установках работающих по принципу «сухой минерализации» пены.

Литература

1. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – М.: Химия, 1983. – 264 с.
2. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. – Стройиздат, 1980. – 365 с.